



TITLE:

# 科学的基礎研究の経済成長への効果

AUTHOR(S):

山下, 裕歩

---

CITATION:

山下, 裕歩. 科学的基礎研究の経済成長への効果. 経済論叢 2002, 169(5-6): 124-143

ISSUE DATE:

2002-05

URL:

<https://doi.org/10.14989/45480>

RIGHT:

## 科学的基礎研究の経済成長への効果

山 下 裕 歩

### I は じ め に

#### 1 概 略

研究開発を経済成長の基礎に置くモデルでは、独占利潤により意図的な研究開発が動機付けられ現実の研究開発が説明される。しかし、現実の研究開発の全てが独占利潤を目的にしているとは考えがたい。たとえば、私立、国公立を問わず大学や大学院は研究機関と規定して差し支えないだろう。その他にも公的な研究機関は存在している。そして、こういった研究機関はその研究を独占利潤を得るために行っているのではない場合が多い。そもそも、このような研究機関の研究は科学的基礎研究が主であり財・サービスの生産には直結していないため、独占利潤を得られる可能性は低いであろう。確かに最近では産学連携が盛んになり大学などの研究機関と営利企業が協力して研究開発を行っている場合もある。この意味で、こういった学術的研究機関もまた間接的に独占利潤を動機としていていると考えることもできるかもしれない。とはいえ、このような産学連携は工学的な分野が主流であり、そこでの研究は応用的な研究である。従って、科学的基礎研究に関しては別の動機付けを行うのが妥当ではないかと思われる。

さて、ではこのような基礎研究は経済成長とどのような関係にあるのであろうか。上にも述べたようにこのような基礎研究は財・サービスの生産と直結していない場合がほとんどであるとしても、やはりこのような基礎研究が経済成長に関連していると考えるべきであろう。基礎的研究の成果が経済的に意味を

持つ技術革新に大きな影響を与えているということは、否定され得ない。Schmookler [1966], Dosi [1988] は、技術革新には、基礎的知識とそれを前提に行われる応用的研究が関連しており、そして、応用的研究が実行されるためには、その成果が利潤を生み得ると認識されることが重要であると述べている。科学的基礎知識から必然的に技術革新が発生するのではなく、また、応用的研究のみが技術革新をもたらすわけでもない。技術革新には両者が密接に関連しているのだと考えられる。

本稿の目的は、Segerstrom [1998a] をもとにして、基礎的な科学研究の果たす役割について考察することである。そこでは、科学的基礎研究の成果が、応用的研究を行い易くするという考えが組込まれる。モデルから以下のことが示される。第1に、規模の効果が無くても、政府による基礎的研究への資源再配分政策が、長期経済成長率を上昇させ得るということである。第2に、第1の結果を得るために必ずしもバラエティーの拡大をモデルに導入する必要が無いということである。

## 2 規模の効果に関する先行研究と本稿の関係

Romer [1986], Aghion and Howitt [1992] には、人口の規模が大きいほど、経済成長率が高くなるという規模の効果が存在する。これに対し、Segerstrom [1998a] は規模の効果が現実的でないとし、それを消し去ったモデルを提示した<sup>1)</sup>。これは研究開発は簡単なアイデアから順番に発見されて行き、それによって研究開発は次第に困難になっていくというメカニズムをモデル化することによって行われている。しかし今度は、一般的に研究開発が持つであろう、知識ストックを上昇させ、それゆえ研究開発の生産性が上昇するという正の外部性は無視されたかたちになっている。Jones [1995] が述べているよう

1) ただし、Segerstrom [1998a] の最大のオリジナリティーは規模の効果を消し去ったことではなく、研究開発雇用が増加してきた一方で、特許件数はほぼ一定であったという事実を整合的に説明していることである。

に、規模の効果について重要なのは正の外部性が存在するかどうかではなくて、その外部性の大きさである。つまり、より一般性を持たせるため必要なことは、両方の効果を共に組込んだ上で、その効果の程度を決定することであると言えるだろう。本稿のモデルは、研究開発には基礎的研究と応用的研究の二種類があり、基礎的研究には正の外部性が、応用的研究には負の外部性が存在するという構造になっている。この点が Segerstrom [1998a] と異なっている。

また、Jones [1995]、Segerstrom [1998a] では、規模の効果を除去した結果、政策的インプリケーションも大きく変化することが強調されている。すなわち、R & D に対する補助金は、長期の経済成長率に何ら影響を与えないことである。別の言葉で言えば、長期の経済成長率は外生的パラメータのみで表されるのであり、Jones [1995] はこのようなモデルを *semi-endogenous* という言葉で表現している。このような特徴は、Jones [1995]、Segerstrom [1998a]、Young [1998] に共通するものである。本稿のモデルは、規模の効果は存在しないが政策により均斉成長率が変化する。つまり、*semi-endogenous* ではない。この点も、Segerstrom [1998a] と異なっている。

一方、その後の研究で規模の効果は存在しないが、R & D に対する補助金が、経済成長率に影響を与えるようなクラスのモデルが登場している。Jones [1998]、Segerstrom [1998b] などがそれに当り、そこでは品質向上に加えてバラエティー拡大がモデルに組込まれている。Jones [1998] は、水平的 R & D と垂直的 R & D 双方を含む単純化された一般的モデルを提示している。そこでは、規模の効果が存在しないならば、人口成長が持続的成長の必要条件になるという、単一の R & D のみを含むモデルの持つ特徴がなくなっている。

## II 基礎研究を導入したモデル

この章のモデルは第Ⅱ-4節までは、Segerstrom [1998a] の設定に完全に依拠しているが、第Ⅱ-5節以降の議論が行い易いように詳しく述べておくことにする。

# 1 消費者の行動

効用関数は以下であるとする。

$$U_t = \int_1^{\infty} e^{-(p-n)t} \log u(t) dt \quad (1)$$

また、ここで使っている瞬時的効用関数  $\log u(t)$  は、

$$\log u(t) = \int_0^1 \log \left[ \sum_m q_m(w) d_{mt}(w) \right] dw \quad (2)$$

であるとする。ここで、 $q_m(w)$  は産業  $w$  の段階  $m$  の品質、 $d_{mt}(w)$  は時点  $t$  における産業  $w$  の品質段階  $m$  の財の消費量をあらわしている。品質を表す指標  $m$  は 0 以上の整数であり、産業  $w$  は  $w \in [0, 1]$  を満たす連続変数である。さらに、 $q_m(w) = \lambda^m$  と仮定する。このような仮定により次のことが示される。第一に、所与の同一産業内で品質の差により差別化された製品は完全に代替的である。従って、同じ産業では最も低い品質調整価格を持つ製品だけが消費されることになる。第二に、異なった産業間の製品は効用関数において、全く対称に評価されており、その結果、異なる産業間の製品はあらゆる組み合わせにおいて、代替の弾力性は 1 である。従って、家計は各産業の製品に均等に支出を配分し、各産業の製品については最も低い品質調整価格をもつ製品だけを購入する。つまり、次の静学的需要関数を得る。

$$d_{mt}(w) = \frac{c(t)}{p_t(w)}$$

ただし、 $c(t)$  は時点  $t$  における一人あたり消費支出をあらわし、 $p_t(w)$  は時点  $t$  において産業  $w$  で最も低い品質調整価格を持つ製品の価格である。次に家計の異時点間の最適化問題を考える。 $a(t)$  を一人あたりの資産ストック、 $w(t)$  を賃金所得、 $r(t)$  を利子率とし、上式で与えられた静学的需要関数を所与とすれば、家計の最適化問題は  $c(t)$  を家計の選択変数として、

$$\max \int_0^{\infty} e^{-(p-n)t} \log c(t) dt$$

$$\text{s.t. } \dot{a}(t) = w(t) + r(t)a(t) - c(t) - na(t)$$

のように表される。現在価値ハミルトニアンは  $\nu$  をシャドウプライスとして、

$$\mathcal{H} = e^{-(p-n)t} \log c(t) + \nu(t) [w(t) + r(t)a(t) - c(t) - na(t)]$$

である。従って最適化のための一階条件は、 $\partial \mathcal{H} / \partial c = 0$ ,  $\partial \mathcal{H} / \partial a = -\dot{\nu}$  より、

$$\frac{e^{-(p-n)t}}{c} = \nu, \quad \nu(r-n) = -\dot{\nu}$$

となる。これらより、次の式を得る。

$$\frac{\dot{c}}{c} = r - p \quad (3)$$

次に、横断性条件は、

$$\lim_{t \rightarrow \infty} [\nu(t)a(t)] = 0$$

である。ここで、一階条件の 2 番目の式より、

$$\nu(t) = \nu(0) \exp \left[ - \int_0^t (r(s) - n) ds \right]$$

となる。これを用いると、 $\nu(0) \neq 0$  であるので横断性条件は次のようになる。

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \left[ a(t) \exp \left[ - \int_0^t (r(s) - n) ds \right] \right] = 0$$

## 2 先導企業の行動

新製品を発明した企業は規模に関する収穫一定の生産関数で生産できると仮定し、さらに、全ての産業  $w$  と品質段階  $m$  についてこの関係がまったく同じであると仮定する。また、労働が唯一の生産要素であると仮定する。従って、あらゆる製品の限界費用は賃金率  $w$  に等しい。さらに、労働をニュメレールとして用いることにする。すなわち、 $w=1$  とする。従って、あらゆる製品の限界費用は 1 である。さらに、次のような仮定を置くことにする。まず、市場における企業は価格競争を行うことにする。次に、最高品質の製品の模倣には費用がかかるとする。言いかえれば、最高品質の製品はそのイノベーターのみ

が限界費用=1で生産でき、他の模倣企業は1より大きい限界費用がかかるのである。これは最高品質のイノベーターには特許権が与えられているのだと考えることもできる。ただし、最高品質より一段階品質の低い製品は全ての企業が限界費用=1で生産できるとする。すなわち、全くの新規参入企業も無費用で二番目に高い品質の製品は生産できるのである。この意味でこのモデルは初めから技術のスピルオーバーを組込んでいる。さて、以下では、ある時点での最高品質の製品のイノベーターを先導企業、それ以外の企業を追従企業と呼ぶことにしよう。以上のような仮定と瞬時的効用関数の性質により、市場構造に関する次のような帰結が得られる。第一に全ての産業で生産は先導企業によってのみなされる。第二に全ての産業においてR & Dは追従企業によってのみなされる。第三に市場における静学的ナッシュ均衡価格、先導企業の制限価格付け (limit pricing) により、 $p=\lambda$  になり、この時、先導企業の利潤  $\pi^L$  は、

$$\pi^L = \left( \frac{\lambda-1}{\lambda} \right) c(t) L(t) \quad (4)$$

となる。

### 3 R & D 企業の行動と自由参入条件

次にR & Dに関する規定を行う。R & Dは追従企業のみによって行われ、全ての追従企業でR & Dに関する技術が同一であるとする。また、R & Dは労働を唯一の投入要素として行われ、その労働は産業と産業の間、生産とR & Dの間を自由に移動できるものとする。産業  $w$  で時点  $t$  に労働  $l_t$  を雇用する追従企業は、確率密度  $A l_t / X(w, t)$  でイノベーションに成功するとしよう。ここで、 $X(w, t)$  はR & Dの困難度を示す指標で、 $A > 0$  は外生的に与えられる技術に関するパラメーターである。 $X(w, t)$  に関しては後に詳しく述べることにする。さて、R & D競争に参加することから得られる収益は、全ての時点において、どの企業であるか、あるいはどの産業であるかということとは無差別であるので、産業全体でのイノベーション成功確率密度  $I(w, t)$  は、

$$I(w, t) = \frac{AL_I(w, t)}{X(w, t)} \quad (5)$$

となる。ここで、 $L_I = \sum l_i$  であり、産業全体での R & D への労働投入量を表している。

さて、先導企業であることの株式市場価値を、すなわち R & D 競争に勝利することの価値を  $v(w, t)$  であらわすことにする。R & D が失敗に終わった場合はいかなる価値も得ることはできないが、もし成功した場合には、独占供給者である先導企業として獲得できる利潤流列とその継続期間を背景として価値  $v$  が決まる。追随企業である R & D 企業は  $l_i$  のコストを費やして、確率  $Al_i/X$  で価値  $v$  を手に入れる。すなわち、この研究開発活動からの期待利潤は、

$$v(w, t) \frac{Al_i}{X(w, t)} - l_i$$

となり、R & D 企業はこれを最大化するように労働投入量を決定する。もし  $v < X/A$  ならば最適な  $l_i$  は  $l_i = 0$  となり、もし  $v > X/A$  ならば無限の研究開発（労働投入）が行われることになる。正で有限の研究開発と整合するのは  $v = X/A$  の時であり、この時、各 R & D 企業の研究開発の規模はその期待利潤と無関係になる。このことは R & D の成功確率密度が投入労働量に関して収穫一定であることを考えれば自明の帰結である。このことによって、次の自由参入条件と呼ばれる企業価値と市場参入コストを関連づけた式が得られる。

$$\frac{X(w, t)}{A} \leq v(w, t) \quad (6)$$

この式は  $l_i > 0$  の時はいつでも等号で成立している。

さて、次に、株式市場での先導企業に対する評価を見ることにする。ここでは、リスクをともなった期待株式収益がリスクのない債券と関連づけられる。株式に対して、期間  $dt$  の間に  $\pi^L dt$  の配当が支払われる。さらに、先導企業の株主は R & D 企業の研究開発が全て失敗した場合には  $v dt$  のキャピタ



ル・ゲインを手にする。一方、新たなイノベーションが成功した場合は、既存の先導企業は全ての収益を失い、その企業の所有者、すなわち株主は  $v$  の大きさのキャピタル・ロスを被る。ここで新たなイノベーションが成功する確率は(5)式より  $Idt$  である。従って、先導企業の株式を所有することの期待収益は、

$$\pi^L dt + \dot{v} dt(1 - Idt) - vIdt$$

となる。さて、特定の産業におけるリスクは特有のものであって、株式の所有者は異なる産業にわたって株式所有を分散させることで安全な資産を手にすることができる。つまり資産市場の均衡においては、上の株式期待収益が安全な債券の収益と一致することになる。従って次式が成立する。

$$\pi^L dt + \dot{v} dt(1 - Idt) - vIdt = rvd t$$

これより、

$$v = \frac{\pi^L}{I + r - \frac{\dot{v}}{v}} \quad (7)$$

となる。この(7)式は先導企業であることの価値は、独占供給者として得られる利潤流列を利子率とイノベーション成功確率密度で割引き、逆にイノベーションが失敗することによって発生するキャピタル・ゲインの増加率で割増すことによって与えられることを示している。

#### 4 資源制約

次に、労働需要と労働供給を等しくすることにより、このモデルの枠組みが完成する。まず、R & D における雇用は  $L_I$  になる。一方、生産量は  $(c/\lambda)L$  である。従って、一単位の生産に一単位の労働を必要とする生産関数を仮定していることより、労働市場均衡条件として次式が成り立つ。

$$L = \frac{c}{\lambda} L + L_I \quad (8)$$

この(8)式は労働市場均衡条件であると同時に唯一の本源的生産要素である労働の資源制約でもあるので以下では(8)式を資源制約と呼ぶことにする。

## 5 基礎的研究の導入

(5) 式における  $X(w, t)$  について Segerstrom [1998] は次のように設定している。

$$\begin{aligned} X(w, 0) &= X_0 & X_0 > 0 & \text{ for all } w \\ \frac{\dot{X}(w, t)}{X(w, t)} &= \mu I(w, t) & \mu > 0 \end{aligned} \quad (9)$$

この(9)式は、R & Dを行えば行うほど R & D は難しくなっていくことを表している。これは、最初にも述べたように単純なアイデアほど先行して発見されていくという考え方に基づいている<sup>2)</sup>。

ところで、Dosi [1988] によれば、米国では R & D に対する支出全体のうち約1割が、基礎的研究に向けられている。そして、そのうち約7割が連邦政府によって、約1割が大学によって、つまり約8割が非営利目的な主体によって基金されている。つまり基礎的研究は決して無視しうような規模のものではない<sup>3)</sup>。そして、基礎的研究は最初に述べたように応用的研究に影響を与えているものと考えられる。

そこで、本稿では次のような考えをモデル化する。まず、応用的研究には Segerstrom [1998a] と同じ考え方があてはまるとする。つまり、応用的研究は徐々に困難になっていくと考える。しかし、もし新たな基礎的発見がなされたとするとその時点でのその発見に対する応用的研究はゼロである。従って、少なくともその基礎的発見に対する応用的研究はもっとも簡単な状態にあることになる。さらに、既存の基礎的発見とその新たな基礎的発見を組み合わせる

2) この仮定により、規模の効果が除去される。つまり、この仮定はモデルの持つインプリケーションにとって非常に重要な役割を果たしている。

3) このことは米国以外にも当てはまるものと考えられる。

ことで新たな応用研究の分野が広がるかもしれない。つまり、以上をまとめれば、より簡単な応用研究が先行してなされ、より難しい応用研究が後に続くのであるが、基礎的発見がなされたならば、応用研究の困難度は低下するということである。確かに、この二つの分類の中間的なものも存在するであろうが、それは二つの効果、つまり応用研究を困難化する効果と簡単化する効果を併せ持つということであり、そのことがこの分類の仕方の根本的な誤りになっていることはないであろう。このように基礎的研究が応用的研究の困難度の上昇を抑制するという可能性は Segerstrom [1998a] 自身も指摘している。一方、基礎的研究自体にも簡単な発見からなされていくと言う考え方が当てはまるであろう。つまり、基礎的研究も徐々に困難になっていくと考えた方が良いであろう<sup>4)</sup>。以上から、基礎的研究が応用的研究と基礎的研究自身の困難度の上昇を緩和するという考えに基づいて、次のような仮定を置くことにする。

$$I(w, t) \equiv \frac{\gamma L_I(w, t)}{X(w, t)} \quad (10)$$

$$J(w, t) \equiv \frac{B(1-\gamma)L_I(w, t)}{X(w, t)} \quad (11)$$

$$X(w, 0) = X_0, \quad X_0 > 0 \quad \text{for all } w \quad (12)$$

$$\frac{X(w, t)}{X(w, t)} = \mu I - \xi J, \quad \mu, \xi > 0 \quad (13)$$

$$\sum_i l_i = L_I(w, t)$$

ここで、 $I, J$  はそれぞれ応用的研究と基礎的研究が時点  $t$ 、産業  $w$  において成功する確率密度である。また、 $l_i$  は産業  $w$  で単一の企業が雇用する研究開発労働であり、 $L_I$  は両研究に投入される産業  $w$  全体での研究開発労働であり、 $\gamma$  は投入比率である。ここで、この投入比率は各企業にとって外生とし、 $1/2$

4) このように基礎的研究にも困難度の存在を課すことは、基礎的研究を含んだモデルから規模の効果を除去するための必要条件になっている。

$\gamma < 1$  を満たすとする<sup>5)</sup>。また以下では簡単化のために、 $A=B$ 、 $\xi=\mu$  とする。

研究開発労働の応用的研究と基礎的研究への投入比率  $\gamma$  を外生とすることは次のように解釈することによって正当化し得る。以下に厳密に定義するが、基礎的研究とその成果は各企業の利潤に直接には影響しない。従って企業には基礎的研究に資源を投入しようとする誘引は一切ないのである。もし、企業が  $\gamma$  を選択できるなら、企業にとって最適な  $\gamma$  は 1 である<sup>6)</sup>。この論文において基礎的研究はただ困難度を緩和することにしか役目を与えられておらず、またその効果は経済全体にのみ波及し、その革新者自身は応用的研究とは違って何ら独占的な優位性を得られないのである。つまり、基礎的研究の成果は完全な公共財である。したがって、この公共財を生産する基礎的研究を実行し得るとすればそれは政府であり、 $\gamma$  を政府の政策変数と考えることができる。基礎的研究の成果を直接享受するのは応用的研究であるから、政府が応用的研究に税率  $1-\gamma$  を課して、それにより基礎的研究に資源を再配分していると解釈できる。さらにこのような設定は、米国では基礎的研究の約 8 割が非営利目的の主体によって基金されているという事実とも親和的であるといえる。

さて、以上の仮定の下で、自由参入条件は、

$$\frac{X(w, t)}{A\gamma} \leq v(w, t) \quad (14)$$

となる。正で有限の研究開発が行われる時は上式が常に等号で成り立つ。

## 6 市場均衡

(14) が等号で成立するとすれば、(14) の両辺を時間で微分して(13)を代入すると、

5) この仮定は、定常状態の存在にとって重要である。もし、 $\gamma > 1/2$  となれば、人口成長が存在する限り定常状態は存在せず経済は加速的に成長していくことになる。

6) この時モデルは Segerstrom [1998a] のものと全く同じになる。

$$\frac{\dot{v}}{v} = \frac{\dot{X}}{X} = \mu(I-J) \quad (15)$$

となる。また  $x=X/L$  おくと、(7)(14)(15)より、

$$\frac{x}{Ar} = \frac{\left(\frac{\lambda-1}{\lambda}\right)c}{I+r-\mu(I-J)} \quad (16)$$

を得る。この式は正で有限の研究開発が最適となり、また、企業の価値が資産市場で安全な資産の利率と正しく関連づけられているための条件を表している。

一方、労働市場の均衡条件である資源制約(8)の両辺を  $L$  で割ると、(10)より  $L_I=IX/Ar$  なので、次式を得る。

$$1 = \frac{c}{\lambda} + \frac{Ix}{Ar} \quad (17)$$

## 7 長期均衡

長期均衡では全ての内生変数が一定率で成長するので(13)より  $(I-J)$  が一定となることがわかる。ところで、(10)(11)より、 $I$  と  $J$  の比率は固定されているので  $(I-J)$  が一定ならば  $I$  と  $J$  も一定である。従って、(17)より  $c$ 、 $x$  も一定である。また、(8)より、 $c$  が一定であることを考慮すれば  $L_I/L$  が一定になるので  $L_I$  の成長率は  $L$  の成長率と同じ  $n$  になる。

さて、(10)式の両辺を時間で微分し  $I$  が一定になることを考慮すれば、

$$\frac{\dot{L}_I}{L_I} = \mu(I-J) \quad (18)$$

となり、従って、

$$I-J = \frac{n}{\mu} \quad (19)$$

を得る。この(19)は長期均衡において  $I$ 、 $J$  が満たす関係式である。一方、 $I$ 、

$J$  の定義より  $I, J$  は常に  $I/J = \gamma/(1-\gamma)$  を満たしている。よって、長期均衡での  $I, J$  を  $\bar{I}, \bar{J}$  とすれば、

$$\bar{I} = \frac{n\gamma}{\mu(2\gamma-1)} \quad \bar{J} = \frac{n(1-\gamma)}{\mu(2\gamma-1)} \quad (20)$$

となる。これを (16) (17) に代入すると、

$$\frac{x}{A\gamma} = \frac{\left(\frac{\lambda-1}{\lambda}\right)c}{\bar{I}+p-n}, \quad 1 = \frac{c}{\lambda} + \frac{\bar{I}x}{A\gamma} \quad (21)$$

となり、この二つの式を連立方程式として解くと、長期均衡での  $c, x$  が導かれる。長期均衡での  $c, x$  を  $\bar{E}(\bar{c}, \bar{x})$  とし、 $(\lambda-1)/\lambda = Z$ ,  $n/\mu = Y$ ,  $p-n = W$ ,  $\gamma/(2\gamma-1) = \Gamma$  とおけば、

$$\bar{c} = \frac{\lambda(\Gamma Y + W)}{\Gamma Y + W + \lambda \Gamma Y Z}, \quad \bar{x} = \frac{A \lambda \gamma Z}{\Gamma Y + W + \lambda \Gamma Y Z} \quad (22)$$

となる。ここで、もし  $\gamma=1$  とすると、すなわち基礎的研究が行われないと仮定すると、(20) から長期均衡では  $I=n/\mu$ ,  $J=0$  となる。これは Segerstrom [1998a] のモデルの長期均衡解である。そこで、基礎的研究が存在しないこの場合の長期均衡解を  $\hat{E}(\hat{c}, \hat{x})$  と  $\hat{I}$  で表すことにする。

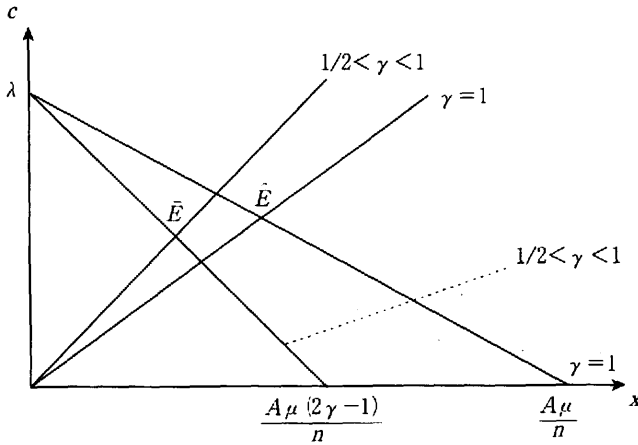
ところで、 $\bar{c}, \bar{x}$  が共に正になるためには、(21) の左側の式の傾きが正になっていなければならない。すなわち、

$$p\mu + n\left(\frac{\gamma}{2\gamma-1} - \mu\right) > 0$$

が成立していなければならない。これが成立することは横断性条件から示される。次の第1図は基礎的研究が存在する場合 ( $1/2 < \gamma < 1$ ) と存在しない場合 ( $\gamma=1$ ) について (21) の2つの式を描いたものである。

さて、もし  $t=0$  で  $x=\bar{x}$  であれば、経済は常に  $\bar{E}$  点にあることになる。 $t \neq 0$  のとき、経済が  $\bar{E}$  点に収束するかどうかを見る。まず、 $x(t)$  と  $X(t)$  の定義より、

第1図



$$\frac{\dot{x}(t)}{x(t)} = \frac{\dot{X}(t)}{X(t)} - \frac{\dot{L}(t)}{L(t)} = \mu(I(t) - J(t)) - n$$

となる。また、 $I(t)$ 、 $J(t)$  の定義より、 $J(t) = (1-\gamma)I(t)/\gamma$  であるので、上の式はさらに変形して、

$$\frac{\dot{x}(t)}{x(t)} = \mu \left( I(t) - \frac{1-\gamma}{\gamma} I(t) \right) - n \Leftrightarrow I(t) = \frac{\gamma}{\mu(2\gamma-1)} \left( \frac{\dot{x}(t)}{x(t)} + n \right)$$

となる。これを、資源制約(17)に代入して整理すると、

$$\dot{x}(t) = \mu A \left( 1 - \frac{c(t)}{\lambda} \right) (2\gamma-1) - nx(t) \quad (23)$$

となる。次に、(17)より、

$$I(t) = \left( 1 - \frac{c(t)}{\lambda} \right) \frac{A\gamma}{x(t)}$$

であり、この式を資産市場均衡条件である(16)に代入して整理すると、

$$r(t) = \frac{A\gamma(\lambda-1)c(t)}{\lambda x(t)} + (\mu\gamma-1) \left( 1 - \frac{c(t)}{\lambda} \right) \frac{A}{x(t)}$$

となる。これを、(3)式に代入すると、

$$\dot{c}(t) = c(t) \left[ \frac{A\gamma(\lambda-1)c(t)}{\lambda x(t)} + \frac{A(\mu\gamma-1)}{x(t)} \left( 1 - \frac{c(t)}{\lambda} \right) - p \right] \quad (24)$$

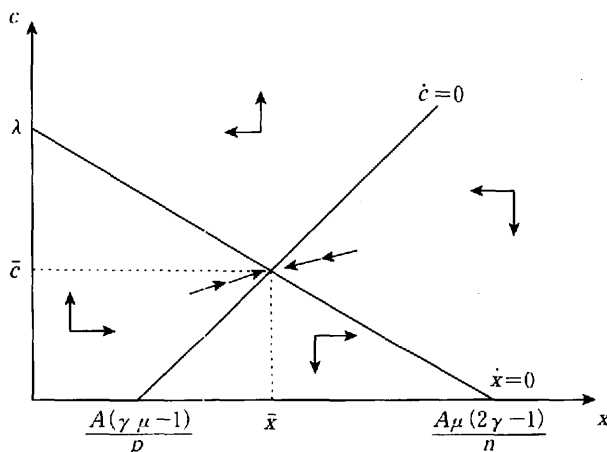
を得る。ここで(23)(24)式で左辺=右辺=0とおいて整理すると、次のような  $\dot{x}=0$  線と  $\dot{c}=0$  線を表す直線の方程式を得る。

$$c(t) = -\frac{n\lambda}{\mu A(2\gamma-1)}x(t) + \lambda$$

$$c(t) = \frac{p}{A} \left( \frac{\lambda}{\gamma\lambda - \gamma\mu - \gamma + 1} \right) x(t) + \left( \frac{1-\gamma\mu}{\gamma\lambda - \gamma\mu - \gamma + 1} \right) \lambda$$

この二本の直線から第2図のような位相図を描くことができる<sup>7)</sup>。経済は長期的に  $\bar{E}$  点に収束することが示される。

第2図



さて、 $\bar{I}$  と  $\bar{I}$  を比べれば、 $1/2 < \gamma < 1$  の下では必ず  $\bar{I} < \bar{I}$  となる。すなわち、基礎的研究を行った方が応用研究のみを行う場合よりも応用的研究の成功確率が高いのである。しかし、これは基礎的研究の導入により、人口で基準

7) 位相図がこうになるのは  $\gamma\mu > 1$  の時だけであるがそれ以外の場合でも  $\bar{E}$  点が第一象限に存在し鞍点経路が存在することが示せる。



化された R & D の困難度の指標である  $x$  がより小さい値に収束していることを原因としているのではない。 $x$  がより小さい値に収束していることは(22)より確かめられる。(22)式において、 $1/2 < \gamma < 1$  である場合  $\Gamma > 1$  となるので、必ず  $\bar{x} < \bar{x}$  が成り立つのである。このように、確かに  $x$  はより小さい値に収束するのであるが、このことによって  $I$  が大きくなっているのではなく、長期均衡水準での  $I$  と  $x$  がともに直接に  $\gamma$  の存在すなわち基礎的研究の存在から影響を受けているのである。例えば、長期均衡における  $x$  の値を変化させ得る他の要因である  $A$  を考えてみる。(22)から分るように  $A$  が小さくなると長期均衡での  $x$  の値は小さくなる。しかし、このことは長期均衡での  $I$  には影響しないことが(20)式から分る。つまり、基礎的研究が存在することによって、 $I$ ,  $x$  がそれぞれ別々に影響を受けているのである。

#### 8 研究開発労働の投入割合

次に、長期均衡における  $c$  と研究開発に投入される労働の割合  $L_i/L$  をみることにする。基礎的研究が存在しない場合とする場合の長期均衡での  $L_i/L$  はそれぞれ、

$$\frac{L_i}{L} = \frac{n\lambda Z}{\mu(Y+W+\lambda YZ)}, \quad \frac{L_i}{L} = \frac{n\lambda \Gamma Z}{\mu(\Gamma Y+W+\lambda \Gamma YZ)}$$

となる。ここで、 $\Gamma > 1$  であるから、必ず  $L_i/L < L_i/L$  が成り立つ。つまり、長期均衡において研究開発に投入される労働は、基礎的研究が存在する場合の方が大きくなるのである。これは裏を返せば基礎的研究が存在する場合の方が消費財生産に投入される労働が小さくなるという事であり、事実(22)より長期均衡での  $c$  については  $\bar{c} > \bar{c}$  が成り立っている。従ってここで言えることは、基礎的研究を行って  $I$  を大きくするためには、必ずより多くの労働を研究開発部門に投入し、より少ない消費支出に耐えなければならないということである。しかし、ここでも言えることは  $L_i/L$  を大きくするから長期均衡での  $I$  が大きくなるのではないということである。基礎的研究が存在するから結果的に

$L_I/L$  と  $I$  が大きくなっているのである<sup>8)</sup>。

## 9 長期経済成長率

長期均衡における経済成長率を求める。まず、(2)式の瞬時的効用関数に産業の先導企業の製品に対する需要  $c/\lambda$  を代入して変形すると、

$$\begin{aligned}\log u(t) &= \int_0^1 \log \left[ \sum_m \lambda^m \frac{c(t)}{\lambda} \right] dw = \log \frac{c(t)}{\lambda} + \int_0^1 \log \lambda^{m(w,t)} dw \\ &= \log \frac{c(t)}{\lambda} + \Phi(t) \log \lambda\end{aligned}$$

となる。ただし、 $\Phi(t) = \int_0^1 m(w,t) dw = \int_0^1 I(\tau) d\tau$  であり、時点  $t$  までの間になされるイノベーションの期待回数である。この式の両辺を  $c(t)$  と  $I(t)$  が均斉成長経路上では一定であることに注意して時間で微分すると、

$$\frac{\dot{u}}{u} = I \log \lambda = \frac{n\gamma}{\mu(2\gamma-1)} \log \lambda \quad (25)$$

を得る。ここまでの結果からイノベーションの成功確率密度は基礎的研究がある場合の方が大きいと分っているので、長期経済成長率も基礎的研究がある場合の方が大きい。厳密には、基礎的研究がある場合の方が  $\gamma/(2\gamma-1)$  倍だけ長期経済成長率は高くなる。

## III 政策的含意と結語

### 1 政策的含意

この論文で示した R & D についての新しい仮定による結果と、もともととなった Segerstrom [1998a] のモデルの結果との主要な違いは、均斉成長均衡経路で（応用研究の）イノベーションの成功確率が上昇するという点、さらにこ

8) Segerstrom [1998a] のオリジナルモデルを参照せよ。そこでは研究開発に対する補助金は研究開発に投入される労働の割合  $L_I/L$  を大きくするが長期均衡でのイノベーション成功確率密度  $I$  には影響を与えないことが示されている。

の結果経済成長率が上昇するということである。このような結果が得られたのは、基礎的研究の成果が、応用的研究を容易にするという仮定に拠っている。従って、もしこの仮定に正当性が認められるならば、次のような政策的示唆が得られる。つまり、基礎的研究が重要であり、もし基礎的研究が行われなければ必ず成長率は低下するので、経済成長率を高めることが政府の目的の一つであるならば、基礎的研究に対する基金あるいは補助を政府は停止してはならないのである。

ところで、たとえ基礎的研究が行われているとしても(25)式から分るように長期経済成長率は人口成長率に正比例しているので、人口成長が無ければ経済成長は停止することになる。つまり、基礎的研究が存在しても規模の効果は存在しないのである。従って、経済が持続的に成長していくためには人口成長率が正であることが必要条件となる。経済成長の持続可能性という視点からみれば、たとえ非常に大きな正の外部性を持つ基礎的研究であっても、それは持続的経済成長の十分条件ではないのである。しかし、とはいっても、人口成長率が外生的であり一定であるこのモデルの下では、経済成長率を大きくする唯一の政策的手段は基礎的研究を拡大することである。もし基礎的研究を一切行わず応用的研究に補助金を与えるような政策を採ったとしても経済成長率は変化しないのである”。

## 2 結 語

Jones [1995], Segerstrom [1998a], Young [1998] では、規模の効果を除去した結果、経済成長率が外生的パラメータのみの関数になる。従って、如何なる政策も経済成長率に影響を与えることができない。一方、本稿のモデルは規模の効果が存在しないにもかかわらず、政府の政策により経済成長率が変化するという特徴を持っている。これは、Segerstrom [1998b] のモデルにも存

---

9) Segerstrom [1998a] を参照。ただし、このような結論は Segerstrom [1998a], Jones [1995] 等の semi-endogenous モデルに対して当てはまる結論である。

在する特徴である。しかし、Segerstrom [1998b] では、広いパラメータの範囲で R & D に対する補助金は経済成長率を低下させるという帰結を得ている<sup>10)</sup>。つまり、政府による研究開発活動に対する介入は、経済成長を阻害することになる。これに対し、本稿の特徴は、規模の効果が存在しない場合にも政府の政策が経済成長率に影響を与えることができ、成長率を上昇させ得るということである。ところで、Jones [1998] は、負の規模の経済が存在する可能性も含めて、規模の効果がどのような場合に存在し、どのような場合に存在しないかを明らかにしている<sup>11)</sup>。このモデルでは人口成長と規模の効果が両者とも存在しない場合にも内生的成長が起こる。これらのより一般的なモデルに基礎的研究を導入することは今後の課題である。

また、基礎的研究の財源として、本論文中的ような課税形態ではなく、一括固定税や資本所得課税によることも可能である。これらも今後の課題である。

### 参 考 文 献

- Aghion, Philippe and Peter Howitt [1992] "A Model of Growth through Creative Destruction," *Econometrica*, Vol. 60, No2, March, pp. 323-351.
- [1996] "Research and Development in the Growth Process," *Journal of Economic Growth*, Vol. 1, March, pp. 49-73.
- Barro, Robert J. and Xavier Sala-i-Martin [1995] *Economic Growth*, McGraw-Hill. (大住圭介訳『内生的経済成長論Ⅰ,Ⅱ』九州大学出版会, 1997年, 1998年)。
- Dosi, Giovanni [1988] "Sources, Procedures, and Microeconomic Effects of Innovation," *Journal of Economic Literature*, September, pp. 1120-1171.
- Grossman, Gene M. and Elhanan Helpman [1991] *Innovation and Growth in the Global Economy*, MIT Press. (大住圭介監訳『イノベーションと内生的経済成長—グローバル経済における理論分析』創文社, 1998年)。
- Jones, Charles I. [1995] "R & D-Based Models of Economic Growth," *Journal of Political Economy*, Vol. 105, No. 4, pp. 759-784.

10) ただし、パラメータの値によっては補助金は経済成長率を上昇させる場合もある。

11) ただし、Jones [1998] では、バラエティーの数は人口の増加関数として外生的に与えられており、資源を投入して行われる意図的な研究開発としては扱われていない。

- Jones, Charles I. [1998] *Growth: With or Without Scale Effects?*, Stanford University.
- Romer, David [1996] *Advanced Macroeconomics*, McGraw-Hill.
- Romer, Paul M. [1986] "Increasing Returns and Long-Run Growth," *Journal of Political Economy*, Vol. 94, October, pp. 1002-1037.
- Schmookler, Jacob [1966] *Invention and Economic Growth*, Harvard University Press.
- Segerstrom, Paul S. [1998a] "Endogenous Growth without Scale Effects," *The American Economic Review*, Vol. 88, No. 5, December, pp. 1290-1310.
- [1998b] *The Long-Run Growth Effects of R & D Subsidies*, Michigan State University and IUI.
- Young, Alwyn [1998] "Growth without Scale Effects," *Journal of Political Economy*, February, pp. 41-63.